

Planetary gear has sun wheel, two hollow wheels, tilted axles, pinion cage, cogging parts, support bearing

Publication number: DE19928385
Publication date: 2000-12-28
Inventor: SCHULZ HORST (DE)
Applicant: ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN (DE)
Classification:
 - international: **F16H1/28; F16H1/28; (IPC1-7): F16H1/36**
 - european: **F16H1/28D**
Application number: DE19991028385 19990621
Priority number(s): DE19991028385 19990621

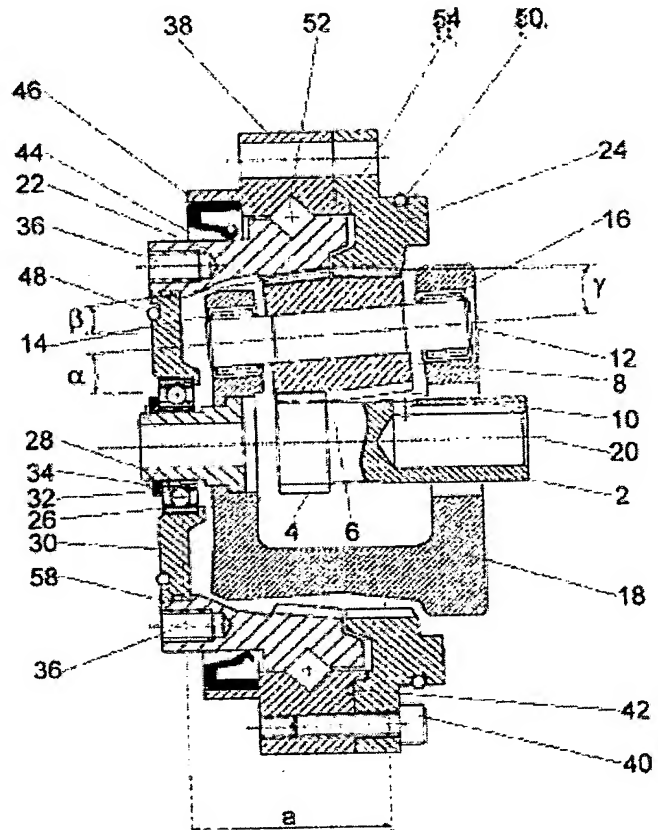
Also published as:

WO0079149 (A1)
 EP1188002 (A1)
 EP1188002 (A0)
 EP1188002 (B1)

Report a data error here

Abstract of DE19928385

The planetary gear has a driven sun wheel (4) with two internally toothed hollow wheels (22,24). Planetary wheels (8) are axially movably mounted on axles (12) running at a tilted axle angle in a pinion cage (18). The planetary wheels have two conically toothed cogging parts (6,10). The cogging part of a hollow wheel is cylindrical, and the cogging area of the other hollow wheel is conical. A planetary support bearing (26) is positioned the planetary support (18) and the hollow wheel.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 28 385 A 1

51 Int. Cl. 7:
F 16 H 1/36

21 Aktenzeichen: 199 28 385.0
22 Anmeldetag: 21. 6. 1999
43 Offenlegungstag: 28. 12. 2000

71 Anmelder:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

72 Erfinder:
Schulz, Horst, 88045 Friedrichshafen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

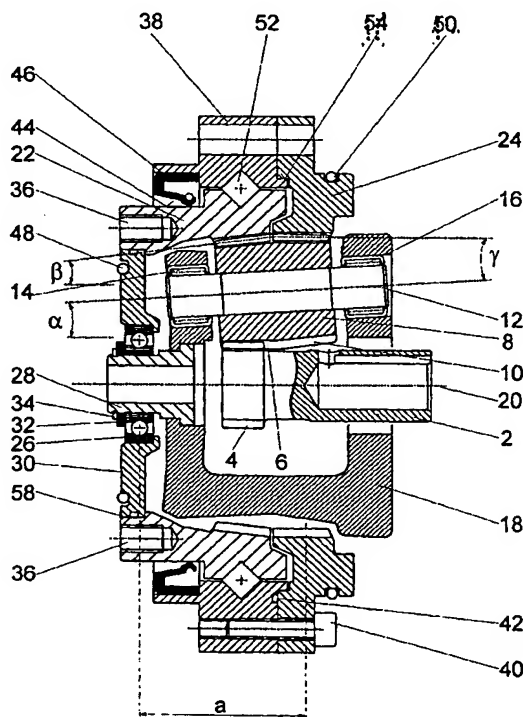
DE 197 56 967 A1
DE 195 25 831 A1
DE 43 25 295 A1

JP 5-39824 A., In: Patents Abstracts of Japan,
M-1434, June 23, 1993, Vol. 17, No. 330;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Planetengetriebe

57 Bei einem Wolfram-Getriebe mit einem angetriebenen Sonnenrad (4) mit zwei innenverzahnten Hohlrädern (22, 24) und Planetenrädern (8), die in einem Planetenträger (18) axial verschieblich gelagert sind, und die zwei konisch verzahnte Verzahnungsbereiche (6, 10) aufweisen, wird vorgeschlagen, daß der Verzahnungsbereich eines Hohlrads (24) annähernd zylindrisch und der Verzahnungsbereich des anderen Hohlrads (22) konisch ausgebildet ist, daß die Planetenradachsen (12) um einen Achsneigungswinkel (α) geneigt verlaufen, daß ein zwischen dem Planetenträger (18) und dem Hohlrad (22) axial wirksames Planetenträgerlager (26) vorgesehen ist, und daß die Axialposition des Planetenträgers (18) gegenüber dem Hohlrad (22) einstellbar ist, um das Verzahnungsspiel der Verzahnungen beider Hohlräder (22, 24) gleichzeitig einzustellen.



DE 199 28 385 A 1

DE 199 28 385 A 1

Die Erfindung betrifft ein Planetengetriebe mit einem angetriebenen Sonnenrad, mit zwei innenverzahnten Hohlrädern, von denen eines feststeht und das andere drehantreibbar gelagert ist und den Abtrieb bildet. Es sind mehrere Planetenräder vorgesehen, die in einem Planetenträger gelagert sind. Die Planetenräder stehen in ständigem Zahneingriff mit dem Sonnenrad und den Hohlrädern.

Viele Aufgabenstellungen in der Antriebstechnik verlangen die Realisierung extremer Übersetzungen. Planetengetriebe sind besonders gut geeignet, hohe Übersetzungen mit einer kompakten Bauweise zu vereinen. Ein derartiges Planetengetriebe stellt das Wolfrom-Koppelgetriebe dar, das bei einer hohen Übersetzung noch gute Wirkungsgrade aufweist. Als Wolfrom-Getriebe bezeichnet man ein besonderes, einfaches Koppelgetriebe. Der Antrieb ist mit einem Sonnenrad verbunden, das mit einem Planetenräderblock zusammenarbeitet. Jedes Planetenrad stützt sich an dem innenverzahnten Hohlrad ab, das gehäusefest ist. Der Steg als Planetenträger läuft leer mit. Die Bewegung wird über den Planetenträger und das/die Planetenrad/-räder weitergeleitet. Jedes Planetenrad ist seinerseits wieder mit einem innenverzahnten Hohlrad in Eingriff, das den Abtrieb bildet. Die beschriebene Anordnung eignet sich für eine kompakte Bauweise, die auf engem Raum hohe Übertragungsdichten ermöglicht (vgl. Klein: "Theoretische Grundlagen zum Auslegen von Wolfrom-Koppelgetrieben", Maschinenmarkt 1982, Seiten 341 bis 344).

Insbesondere in der Handhabungstechnik werden zur Leistungsübertragung von hochtourigen Antriebsmotoren hoch untersetzende Getriebe benötigt. Einen Anwendungsfall stellen Industrieroboter dar, bei denen Planetengetriebe eingesetzt werden. Für die Präzision eines Industrieroboters kommt dem Planetengetriebe eine zentrale Bedeutung zu. Es müssen präzise Bewegungsabläufe mit höchster Wiederholgenauigkeit gewährleistet sein. Für ein derartiges Planetengetriebe sind insbesondere folgende Kriterien von Bedeutung:

- geringes, einstellbares Verdrehspiel,
- hohe Steifigkeit,
- hoher Wirkungsgrad,
- niedrige Wärmeentwicklung,
- geringe Vibration und
- eine hohe Laufruhe.

Für Getriebe, die in höheren Stückzahlen gefertigt werden, hat sich gezeigt, daß die Art und Weise der Verzahnungsspieleinstellung einen entscheidenden Einfluß auf die Herstellkosten hat.

Die DE 43 25 295 A1 zeigt zwei unterschiedliche Bauformen von Wolfrom-Getrieben mit geneigten Planetenradachsen, wobei eine Bauform zwei Hohlräder mit konischen Verzahnungsbereichen gleicher Konusrichtung und durchgehend zylindrisch verzahnte Planetenräder zeigt, und die andere Bauform zwei Hohlräder mit zylindrischen Verzahnungsbereichen und durchgehend konisch verzahnten Planetenrädern. Die Verzahnungsspieleinstellung ist bei diesen Bauformen relativ aufwendig, da an insgesamt drei Stellen Einstellscheiben vorgesehen sind, welche bei der Montage in entsprechender Dicke verbaut werden. Wird bei einem fertig montierten Getriebe beim Funktionslauf ein nichtoptimales Spielverhalten festgestellt, so hat das einen sehr hohen Demontageaufwand zur Folge.

Die DE 195 25 831 A1 zeigt ein Wolfrom-Getriebe, bei welchem die beiden Hohlräder konische Verzahnungsbereiche mit zueinander entgegengesetzter Konusrichtung auf-

weisen. Die Planetenräder sind als Stufenräder mit zwei konischen Verzahnungsbereichen ausgebildet, deren Konusrichtungen ebenfalls zueinander entgegengesetzt verlaufen. Die Planetenradachsen verlaufen parallel zur Getriebehauptachse. Zur Verzahnungsspieleinstellung ist bei diesem Getriebe eine Einstellscheibe großen Durchmessers vorgesehen. Für die Montage muß diese große und teure Einstellscheibe in verschiedenen Dicken bevorratet sein, was sich negativ auf die Herstellkosten auswirkt. Diese großen Einstellscheiben sind auch deshalb teuer, weil sie nicht nur ein sehr genaues Dickenmaß aufweisen müssen, sondern darüber hinaus auch zahlreiche Bohrungen aufweisen.

Schließlich zeigt die nicht vorveröffentlichte DE 197 56 967 A1 der Anmelderin ein Wolfrom-Getriebe, bei welchem die Verzahnungsbereiche der beiden Hohlräder entgegengesetzte Konusrichtung aufweisen und die Konuswinkel unterschiedlich groß sind. Die Planetenräder dieses Getriebes weisen zwei konische Verzahnungsbereiche gleicher Zähnezahl und mit entgegengesetzter Konusrichtung auf, welche ohne Versatz ineinander übergehen. Bei diesem einfacher herstellbaren Getriebe können die Planetenradachsen der doppelkonisch ausgebildeten Planetenräder um einen Neigungswinkel geneigt sein, um die Unterschiede in den Betriebseingriffswinkeln der beiden Hohlradeingriffe zu verringern. Zur Verzahnungsspieleinstellung ist jedoch auch bei diesem Getriebe eine teure Einstellscheibe großen Durchmessers notwendig.

Ausgehend von dem gattungsbildenden Stand der Technik nach der DE 195 25 831 A1 liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Planetengetriebe der Wolfrom-Bauart zu schaffen, bei welchem die Verzahnungsspieleinstellung mit geringerem Montage- und Kostenaufwand erfolgen kann. Außerdem soll das Getriebe bei gleicher oder höherer Übertragungstreue unempfindlich sein gegenüber unvermeidlichen fertigungsbedingten Abweichungen.

Diese Aufgabe wird mit einem, auch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruches aufweisenden, gattungsgemäßen Planetengetriebe gelöst. Bevorzugte bauliche Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Bei dem erfindungsgemäßen Getriebe wirkt sich vorteilhaft auf die Herstellkosten aus, daß zur Verzahnungsspieleinstellung der beiden Verzahnungsbereiche der Planetenräder mit den beiden Hohlrädern nur eine Einstellscheibe geringen Durchmessers erforderlich ist. Die Verzahnungsspieleinstellung erfolgt durch axiale Einstellung des Planetenträgers, wofür ein kleines Planetenträgerlager ausreichend ist. Ein Mittenversatz oder ein Rundlauffehler der Hohlräder wird während des Betriebs durch eine axiale Bewegung des doppelkonischen Planetenrads entlang ihrer Planetenachsen ausgeglichen. Ohne die Gefahr des Verklemmens und ohne Übertragungsfehler hinnehmen zu müssen, können größere Fertigungs- und Montagetoleranzen der Hohlräder, wie z. B. Härteverzug, Teilungsfehler, Rundlauffehler zugelassen werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Konuswinkel der beiden Verzahnungsbereiche der Planetenräder so gewählt, daß die aus der Konizität herrührenden Axialkräfte im wesentlichen ausgeglichen sind. Am Planetenrad bzw. an den einzelnen Planetenrädern stellt sich im Betrieb automatisch eine axiale Mittenposition ein, bei der sich das geringe, noch vorhandene Verzahnungsspiel automatisch gleichmäßig auf die beiden Zahneingriffe mit den Hohlrädern verteilt.

Das erfindungsgemäße Getriebe kann gerad- oder schrägverzahnt ausgeführt werden. Wenn die Planetenräder schrägverzahnt ausgeführt sind, was in bezug auf Lauf- und Geräuschverhalten vorteilhaft ist, weisen die beiden Verzahnungsbereiche jedes Planetenrads vorteilhafterweise glei-

chen Richtungssinn und etwa gleiche Steigungsmaße auf, so daß die aus der Schrägverzahnung herrührenden Axialkräfte auf die Planetenräder ebenfalls im wesentlichen ausgeglichen sind.

Durch eine Anordnung des Planetenträgerlagers in axialem Abstand vom Hohlrad mit annähernd zylindrischen Verzahnungsbereich wird eine Lagerbasis geschaffen, die unerwünschte Kippbewegungen des Planetenträgers abstützt.

Eine günstige konstruktive Gesamtanordnung wird erzielt, wenn das den Abtrieb bildende Hohlrad konisch und das feststehende Hohlrad annähernd zylindrisch ausgebildet ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung entspricht der Achsneigungswinkel der Planetenachsen in etwa dem Wert des Konuswinkels des gleichzeitig mit dem konischen Hohlrad und dem Sonnenrad in Eingriff stehenden konischen Verzahnungsbereichs des Planetenrads. Die Zahnflanken der Planetenräder im Eingriffspunkt mit dem Sonnenrad verlaufen dann annähernd parallel zu einer Getriebehauptachse. Dementsprechend ist ein Sonnenrad mit zumindest annähernd zylindrischem Verzahnungsbereich vorgesehen. Die Axialposition des Sonnenrads bleibt ohne große Auswirkungen auf das Verzahnungsspiel. Dementsprechend ist keine genaue Einstellung dieser Axialposition des Sonnenrads erforderlich, wodurch eine einfachere und kostengünstigere Montage ermöglicht wird. Diese Ausgestaltung ist besonders dann vorteilhaft, wenn das Sonnenrad direkt auf einer Welle eines Antriebsmotors angeordnet ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weisen die Verzahnungsbereiche der beiden Hohlräder und die Verzahnungsbereiche der Planetenräder gleiche Moduln auf. Die beiden Verzahnungsbereiche der Planetenräder sind durch entsprechende Wahl der Profilverschiebungs-Faktoren hinsichtlich der effektiven Flankendurchmesser so aufeinander abgestimmt, daß die Zahnflanken der Verzahnungsbereiche der Planetenräder ohne Versatz ineinander übergehen. Da die angrenzenden Endbereiche der Verzahnungsbereiche der Planetenräder mit einem Knick, jedoch ohne Versatz, ineinander übergehen, können sie mit hoher Präzision einfacher hergestellt werden. Die Zähne sind stabil und tragfähig, so daß die axiale Erstreckung reduziert werden kann, wodurch das ganze Getriebe kürzer, steifer und vibrationsärmer wird.

In bezug auf die Verzahnungsgeometrie ist bei gleichen Moduln der beiden Hohlräder besonders vorteilhaft, wenn das Hohlrad mit annähernd zylindrischem Verzahnungsbereich die größere Zähnezahlnzahl aufweist.

Die Herstellung des Hohlrads mit konischem Verzahnungsbereich wird vereinfacht, wenn es eine große zentrale Öffnung aufweist. Es können dann bei der Bearbeitung Schleifscheiben größeren Durchmessers verwendet werden. Der Durchmesserunterschied zwischen dieser Öffnung und dem Planetenträgerlager kann vorteilhafterweise durch einen Lagerflansch überbrückt werden.

Zur Einstellung der Axialposition des Planetenträgers gegenüber dem Hohlrad mit konischem Verzahnungsbereich kann als Einstellmittel beispielsweise eine Einstellscheibe für die Verzahnungsspieleinstellung verwendet werden. Ist das Einstellmittel in einem von außen zugänglichen Bereich angeordnet, so kann die Spieleinstellung erfolgen, ohne daß hierfür das gesamte Getriebe demontiert zu werden braucht. Als Einstellmittel kann aber auch eine Einstellmutter auf einem Einstellgewinde dienen.

Schließlich kann ein restliches verbliebenes Verzahnungsspiel eliminiert werden durch ein axial wirksames Federelement wie z. B. eine Welscheibe oder eine Sternfeder, welches zwischen dem Planetenträger und dem Hohlrad mit

konischem Verzahnungsbereich vorgesehen ist, dessen axiale Federkraft auf den Planetenträger in Richtung des sich verengenden Konus des Hohlrads mit konischem Verzahnungsbereich wirkt.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Längs-Schnitt einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Planetengetriebes mit zylindrischem Sonnenrad und

Fig. 2 einen Längs-Schnitt einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Getriebes mit einem konisch verzahnten Sonnenrad.

Die hochtourig umlaufende Eingangswelle 2 treibt ein Sonnenrad 4 an. Das Sonnenrad 4 und die Eingangswelle 2 sind vorzugsweise einstückig hergestellt.

In der Ausführungsform nach Fig. 1 steht das Sonnenrad 4 in ständigem Zahneingriff mit ersten konischen Verzahnungsbereichen 6 mehrerer doppelkonischer Planetenräder 8. Jedes Planetenrad 8 wird durch einen zweiten konischen Verzahnungsbereich 10 vervollständigt. In der Zeichnung ist ein Planetenrad 8 abgebildet. Bevorzugt sind mindestens drei Planetenräder 8 vorgesehen.

Jeweils eine Planetenachse 12 ist über Lager 14 und 16, vorzugsweise Nadellager, in einem Planetenträger 18 drehbar, jedoch axial verschieblich, gelagert. Die Achse 12 ist um den Neigungswinkel α gegenüber der Getriebehauptachse 20 radial geneigt. Der Achsneigungswinkel der Planetenachsen liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 2° und 7° .

Der erste konische Verzahnungsbereich 6 des Planetenrads 8 ist im Zahneingriff mit einem ersten Hohlrad 22. Der zweite konische Verzahnungsbereich 10 des Planetenrads 8 steht im Zahneingriff mit dem zweiten Hohlrad 24. Der Planetenträger 18 weist keine direkten Anschlußwellen auf, so daß an ihm selbst kein Drehmoment zu- oder abgeführt wird. Die Axialposition des Planetenträgers 18 gegenüber dem Hohlrad 22 mit konisch ausgebildeten Verzahnungsbereich ist über die Buchse 28, das als Kugellager ausgebildete Lager 26 und den Lagerflansch 30 festgelegt. Anstelle eines Kugellagers kann für das Planetenträgerlager beispielsweise auch ein Vierpunkt-Lager mit axialen und radialen Führungseigenschaften verwendet werden. Die Einstellung der Axialposition des Planetenträgers erfolgt mit Hilfe der Einstellscheibe 32, welche vom Sprengling 34 auf der Buchse 28 gehalten wird. Der Lagerinnenring des Lagers 26 ist axial außen in Kontakt mit der Einstellscheibe 32. Innen ist zu einem Absatz in der Buchse 28 axiales Spiel vorgesehen, welches so bemessen ist, daß auch eine dicke Einstellscheibe 32 montierbar ist. Die radiale Abstützung des Planetenträgers 18 erfolgt einerseits über das Lager 26 und andererseits über die Planetenräder 8, deren Radialpositionen ihrerseits von den Zahneingriffen mit den Hohlrädern 22, 24 bestimmt sind. Die Einstellscheibe ist von außen zugänglich, wodurch Einstellarbeiten wesentlich erleichtert werden.

Das Planetenträgerlager 26 ist auf der dem Hohlrad mit zylindrischen Verzahnungsbereich abgewandten Seite des Getriebes angeordnet. Der axiale Abstand a zwischen dem Planetenträgerlager und dem Hohlrad mit zylindrischen Verzahnungsbereich bildet eine Lagerbasis die unerwünschte Kippbewegungen des Planetenträgers abstützt.

Das zweite Hohlrad 24 ist feststehend angeordnet, während das erste Hohlrad 22 den Abtrieb bildet. Mehrere am Umfang verteilte Bohrungen 36 dienen zur Befestigung eines vom Getriebe anzutreibenden Elements wie z. B. eines Roboterarms. Ein ringförmiges Gehäuse 38 ist mit dem zweiten Hohlrad 24 über Befestigungselemente, hier Schrauben 40, fest verbunden. Der Bund 54 dient der radia-

len Zentrierung von Hohlrad 24 und Gehäuse 38. Geeignete Dichtungen, beispielsweise O-Ringe 42, gewährleisten eine dichte Verbindung zwischen dem Hohlrad 24 und dem Gehäuse 38. Zwischen dem Gehäuse 38 und einer zylindrischen Außenfläche 44 des Hohlrads 22 ist eine vorzugsweise als Radialwellendichtring 46 ausgebildete Dichtung vorgesehen. Die als O-Ringe ausgeführten Dichtungen 48 im Lagerflansch 30 einerseits und 50 im zweiten Hohlrad 24 andererseits dienen zur Abdichtung gegenüber nicht dargestellten Gehäuseteilen.

Das Hohlrad 22 ist über ein Wälzlager, das als Kreuzrollenlager 52 ausgebildet ist, im ringförmigen Gehäuse 38 drehbar und in Axialrichtung feststehend gelagert. Im Zusammenhang mit der Erfindung bieten sich dem Fachmann anstelle des Kreuzrollenlagers auch andere Lagerausführungen an. Beispielsweise könnten ein oder mehrere Kugellager oder – für Axial- und Radialwirkung getrennte Zylinderrollen – oder Nadellager vorgesehen werden.

Erfindungsgemäß ist der Verzahnungsbereich eines Hohlrads – in den dargestellten Ausführungsformen des feststehenden zweiten Hohlrads 24 – annähernd zylindrisch ausgebildet, während der Verzahnungsbereich des anderen Hohlrads 22 – konisch ausgebildet ist. Als annähernd zylindrisch wird ein Verzahnungsbereich eines Hohlrads im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung auch dann noch verstanden, wenn der Wert des Konuswinkels dieses Hohlrads nicht mehr als 40% des Werts des Achsneigungswinkels der Planetenachsen beträgt. Der Konuswinkel des anderen, konischen Hohlrads ist in diesem Fall im Verhältnis zum Achsneigungswinkel vorzugsweise deutlich größer.

Der Konuswinkel des Verzahnungsbereichs des ersten Hohlrads 22 gegenüber der Getriebehauptachse ist in der Zeichnung mit β bezeichnet. Der Konuswinkel γ des Verzahnungsbereichs 10 des Planetenrads 8, welcher mit dem zylindrischen Hohlrad 24 in Eingriff ist, entspricht in etwa dem Achsneigungswinkel α .

Die beiden konischen Verzahnungsbereiche des Planetenrads 8 weisen entgegengesetzte Konusrichtung auf. Axial ist das doppelkonische Planetenrad entlang seiner Planetenradachse 12 zwischen den beiden Hohlrädern 22, 24 geführt. Im Planetenträger 18 sind die Planetenräder 8 mittels der Nadellager 14, 16 mit deutlichem axialen Spiel von etwa 1,5 bis 3 mm gelagert, so daß ihre axiale Position allein durch die beiden Hohlräder bestimmt wird.

Den größten Einfluß auf die Übertragungssteuerung des Getriebes haben die Zahneingriffe der beiden Verzahnungsbereiche 6, 10 der Planetenräder 8 mit den beiden Hohlrädern 22, 24. Das Verzahnungsspiel dieser Zahneingriffe kann durch ein einziges Einstellelement, die Einstellscheibe 32, eingestellt werden. Zur Verkleinerung des Verzahnungsspiels wird eine dickere Einstellscheibe 32 gewählt. Kommt dabei der Verzahnungsbereich 6 des Planetenrads 8 an dem konischen Verzahnungsbereich des Hohlrads 22 zum Liegen, so wird das Planetenrad 8 entlang seiner radial geneigten Achse 12 so lange nach schräg außen in Richtung des zylindrischen Hohlrads 24 verschoben, bis auch ein Verzahnungsspiel zwischen dem Verzahnungsbereich 10 des Planetenrads 8 und dem zylindrischen Verzahnungsbereich des Hohlrads 24 den gewünschten kleinen Wert angenommen hat. Die Axialposition des Hohlrads 24 zum Hohlrad 22 hat keinen Einfluß auf das Verzahnungsspiel, so daß eine Einstellscheibe zwischen den beiden Hohlrädern nicht notwendig ist.

Wurden bei bisher bekannten Getrieben die beiden Hohlräder unbeabsichtigt mit radialem Mittenversatz montiert, so konnte das zu partiellen Klemmscheinungen und/oder Bereichen großen Zahnspiels führen. Durch die axiale Be-

weglichkeit der Planetenräder 8 entlang ihrer Planetenachsen 12 können die Planeten axial aus Engstellen ausweichen, wenn in der gleichen Getriebestellung im jeweils anderen Hohlradeingriff mehr Zahnspiel gegeben ist. Ein radialer Mittenversatz beider Hohlräder führt also lediglich zu einer geringfügigen, die Übertragungspräzision des Getriebes nicht störenden zyklischen Axialbewegung der Planetenräder 8.

Um eine gleichmäßige Spielverteilung zwischen den beiden Zahneingriffen mit den Hohlrädern 22, 24 zu erreichen, sind die Konuswinkel der beiden Verzahnungsbereiche der Planetenräder so gewählt, daß die aus der Konizität herrührenden Axialkräfte im wesentlichen ausgeglichen sind. Aufgrund der unterschiedlichen Zähnezahlen der beiden Hohlräder sind die beiden Verzahnungsbereiche der Planetenräder mit deutlich unterschiedlichen Betriebseingriffswinkeln mit den Hohlradverzahnungen in Eingriff. Zwischen dem Verzahnungsbereich 6 des Planetenrads 8 und dem konischen Verzahnungsbereich des Hohlrads 22 herrscht ein deutlich größerer Betriebseingriffswinkel, so daß die bezüglich der Planetenradachse 12 normalgerichtete, radiale Verzahnungskraftkomponente deutlich größer ist als bei dem anderen Verzahnungsbereich 10, welcher mit dem Hohlrad 24 in Eingriff steht. Um ausgeglichene Axialkräfte auf die Planetenräder 8 zu erhalten, weist der Verzahnungsbereich 6, bei welchem der größere Betriebseingriffswinkel auftritt, einen kleineren Konuswinkel auf. Der größere Betriebseingriffswinkel tritt – gleichen Verzahnungsmodul vorausgesetzt – immer an dem Hohlrad 22 mit der kleineren Zähnezahl auf.

Darüber hinaus weisen beide Verzahnungsbereiche 6, 10 des Planetenrads 8 gleichen Richtungssinn und in etwa gleiche Steigungsmaße auf, so daß auch die aus der Schrägverzahnung herrührenden Axialkräfte auf das Planetenrad 8 im wesentlichen ausgeglichen sind.

Der Achsneigungswinkel α entspricht in etwa dem Wert des Konuswinkels des gleichzeitig mit dem konischen Hohlrad 22 und dem Sonnenrad 4 in Eingriff stehenden konischen Verzahnungsbereichs 6 des Planetenrads 8. Im Eingriffspunkt mit dem Sonnenrad 4 verlaufen die Zahnflanken dieses Verzahnungsbereichs 6 des Planetenrads 8 annähernd parallel zur Getriebehauptachse 20. Daran angepaßt weist das Sonnenrad 4 einen zumindest annähernd zylindrischen Verzahnungsbereich auf. Die Ausführungsform nach Fig. 1 eignet sich besonders für eine Anbindung an einen Antriebsmotor, bei welcher die Antriebswelle 2 fest mit der (nicht dargestellten) Abtriebswelle eines Antriebsmotors verbunden ist. Geringe axiale Verschiebungen des Sonnenrads bleiben ohne Auswirkungen auf das Verzahnungsspiel. Demgegenüber ist in der Ausführungsform nach Fig. 2 ein Sonnenrad 4 mit konischem Verzahnungsbereich vorgesehen, welches in Eingriff mit dem Verzahnungsbereich 10 des Planetenrads 8 steht. Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 ist die Axialposition des Sonnenrads 4 gegenüber dem Planetenträger 18 durch das Kugellager 56 festgelegt, wodurch auch das Verzahnungsspiel der Zahneingriffe mit dem Sonnenrad 4 bestimmt wird.

In beiden dargestellten Ausführungsformen gehen die Zahnflanken der Verzahnungsbereiche 6, 10 des Planetenrads 8 mit einem Knick, jedoch ohne Versatz, ineinander über. Dies wird dadurch erreicht, daß die beiden Verzahnungsbereiche 6, 10 des Planetenrads gleiche Zähnezahl und gleiche Moduln aufweisen, und daß die beiden Verzahnungsbereiche des Planetenrads hinsichtlich der effektiven Flankendurchmesser entsprechend aufeinander abgestimmt sind. Entsprechend der Verzahnungsbereiche 6, 10 des Planetenrads 8 weisen demgemäß auch die Verzahnungsbereiche der beiden Hohlräder 22, 24 gleiche Module auf. Das

Hohlrad 24 mit zylindrischem Verzahnungsbereich weist hierbei eine geringfügig größere Zähnezahzahl auf als das Hohlrad 22, wodurch die Wolfrom-Übersetzung bestimmt wird.

Das Hohlrad 22 mit konischem Verzahnungsbereich weist eine große zentrale Öffnung 58 auf, in der der Lagerflansch 30 aufgenommen und fixiert ist. Das Planetenträgerlager 26, welches durch die resultierende Axialkraft auf den Planetenträger nur relativ gering belastet ist, weshalb ein klein bauendes, handelsübliches Kugellager verwendet werden kann, ist wiederum in dem Lagerflansch 30 aufgenommen.

An der Stelle der Einstellscheibe 32 oder zusätzlich zur Einstellscheibe 32 kann ein Federelement, z. B. eine Welle, vorgesehen sein, um ein möglicherweise verbliebenes Verzahnungsspiel zu eliminieren.

Im Zusammenhang mit der Erfindung kann der Planetenträger 18 anstelle über das innere Zentralrad (Sonnenrad 4) auch über andere, eine vergleichbare Vorübersetzung liefernde Räderanordnungen/-ketten, wie z. B. eine Kegelradstufe, angetrieben werden. Es ist ebenfalls möglich, Antrieb und Abtrieb zu vertauschen, wobei sich die Drehrichtung umkehrt und sich der Zahlenwert der Gesamtübersetzung geringfügig ändert.

Bezugszeichen

2 Eingangswelle	
4 Sonnenrad	
6 konischer Verzahnungsbereich	
8 Planetenrad	
10 konischer Verzahnungsbereich	
12 Planetenachse	
14 Nadellager	
16 Nadellager	
18 Planetenträger	
20 Getriebehauptachse	
22 Hohlrad	
24 Hohlrad	
26 Planetenträgerlager	
28 Buchse	
30 Lagerflansch	
32 Einstellscheibe	
34 Sprengling	
36 Befestigungsbohrung	
38 Gehäuse	
40 Schraube	
42 O-Ring	
44 Fläche	
46 Radialwellendichtring	
48 O-Ring	
50 O-Ring	
52 Kreuzrollenlager	
54 Zentrierbund	
56 Lager	
58 Öffnung	

Patentansprüche

1. Planetengetriebe mit einem angetriebenen Sonnenrad (4), mit zwei innenverzahnten Hohlrädern (22, 24), von denen eines feststeht und das andere drehantreibbar gelagert ist und den Abtrieb bildet und Planetenrädern (8), die auf Planetenradachsen (12) in einem Planetenträger (18) axial verschieblich gelagert sind, und die einen ersten und einen zweiten konisch verzahnten Verzahnungsbereich (6, 10) aufweisen, wobei der erste Verzahnungsbereich (6) in ständigem Zahneingriff mit einem Hohlrad (24) steht, und der zweite Verzahnungs-

bereich (10) (zum ersten Verzahnungsbereich) entgegengesetzte Konusrichtung aufweist und in ständigem Zahneingriff mit dem anderen Hohlrad (22) steht, und wobei ein Verzahnungsbereich (6) der Planetenräder (8) in ständigem Zahneingriff mit dem Sonnenrad (4) steht, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verzahnungsbereich eines Hohlrads (24) annähernd zylindrisch und der Verzahnungsbereich des anderen Hohlrads (22) konisch ausgebildet ist, daß die Planetenradachsen (12) um einen Achsneigungswinkel α geneigt verlaufen, daß ein zwischen dem Planetenträger (18) und dem Hohlrad (22) mit konischem Verzahnungsbereich axial wirksames Planetenträgerlager (26) vorgesehen ist, und daß die Axialposition des Planetenträgers (18) gegenüber dem Hohlrad (22) mit konischem Verzahnungsbereich einstellbar ist, um das Verzahnungsspiel der Verzahnungen beider Hohlräder (22, 24) gleichzeitig einzustellen.

2. Planetengetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Konuswinkel der beiden Verzahnungsbereiche (6, 10) der Planetenräder (8) so gewählt sind, daß die aus der Konizität herrührenden Axialkräfte auf die Planetenräder (8) im wesentlichen ausgeglichen sind.

3. Planetengetriebe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Verzahnungsbereiche (6, 10) der Planetenräder (8) schrägverzahnt sind, gleichen Richtungssinn und etwa gleiche Steigungsmaße aufweisen, so daß die aus der Schrägverzahnung herrührenden Axialkräfte auf die Planetenräder (8) im wesentlichen ausgeglichen sind.

4. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Planetenträgerlager (26) in axialem Abstand vom Hohlrad (24) mit annähernd zylindrischen Verzahnungsbereich angeordnet ist.

5. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Verzahnungsbereich des den Abtrieb bildenden Hohlrads (24) konisch ausgebildet ist und der Verzahnungsbereich des feststehenden Hohlrads (22) annähernd zylindrisch ausgebildet ist.

6. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Achsneigungswinkel α in etwa dem Wert des Konuswinkels der gleichzeitig mit dem konischen Hohlrad (22) und dem Sonnenrad (4) in Eingriff stehenden konischen Verzahnungsbereiche (6) der Planetenräder (8) entspricht, so daß die Zahnflanken dieses Verzahnungsbereichs (6) der Planetenräder (8) im Eingriffspunkt mit dem Sonnenrad (4) annähernd parallel zu einer Getriebehauptachse (20) verlaufen, und daß das Sonnenrad (4) einen zumindest annähernd zylindrischen Verzahnungsbereich aufweist.

7. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzahnungen der beiden Hohlräder (22, 24) und die Verzahnungsbereiche (6, 10) der Planetenräder (8) gleiche Module aufweisen, daß die Hohlräder eine geringfügig unterschiedliche Zähnezahzahl aufweisen, und daß die beiden Verzahnungsbereiche (6, 10) der Planetenräder hinsichtlich der effektiven Flankendurchmesser so aufeinander abgestimmt sind, daß die Zahnflanken der Verzahnungsbereiche (6, 10) der Planetenräder (8) ohne Versatz ineinander übergehen.

8. Planetengetriebe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Hohlrad (24) mit annähernd zylindrischem Verzahnungsbereich die größere Zähne-

zahl aufweist.

9. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Hohlrad (22) mit konischem Verzahnungsbereich eine große zentrale Öffnung (58) aufweist.

5

10. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (58) einen Lagerflansch (30) aufnimmt in welchem das Planetenträgerlager (26) vorgesehen ist.

11. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Veränderung der Axialposition des Planetenträgers (18) am Planetenträgerlager (26) ein Einstellmittel (32) vorgesehen ist, welches in einem von außen zugänglichen Bereich angeordnet ist.

15

12. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein zwischen dem Planetenträger (18) und dem Hohlrad (22) mit konischem Verzahnungsbereich axial wirksames Federelement vorgesehen ist, dessen axiale Federkraft auf den Planetenträger in Richtung des sich verengenden Konus des Hohlrads mit konischem Verzahnungsbereich wirkt, um ein Verzahnungsspiel zu eliminieren.

20

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

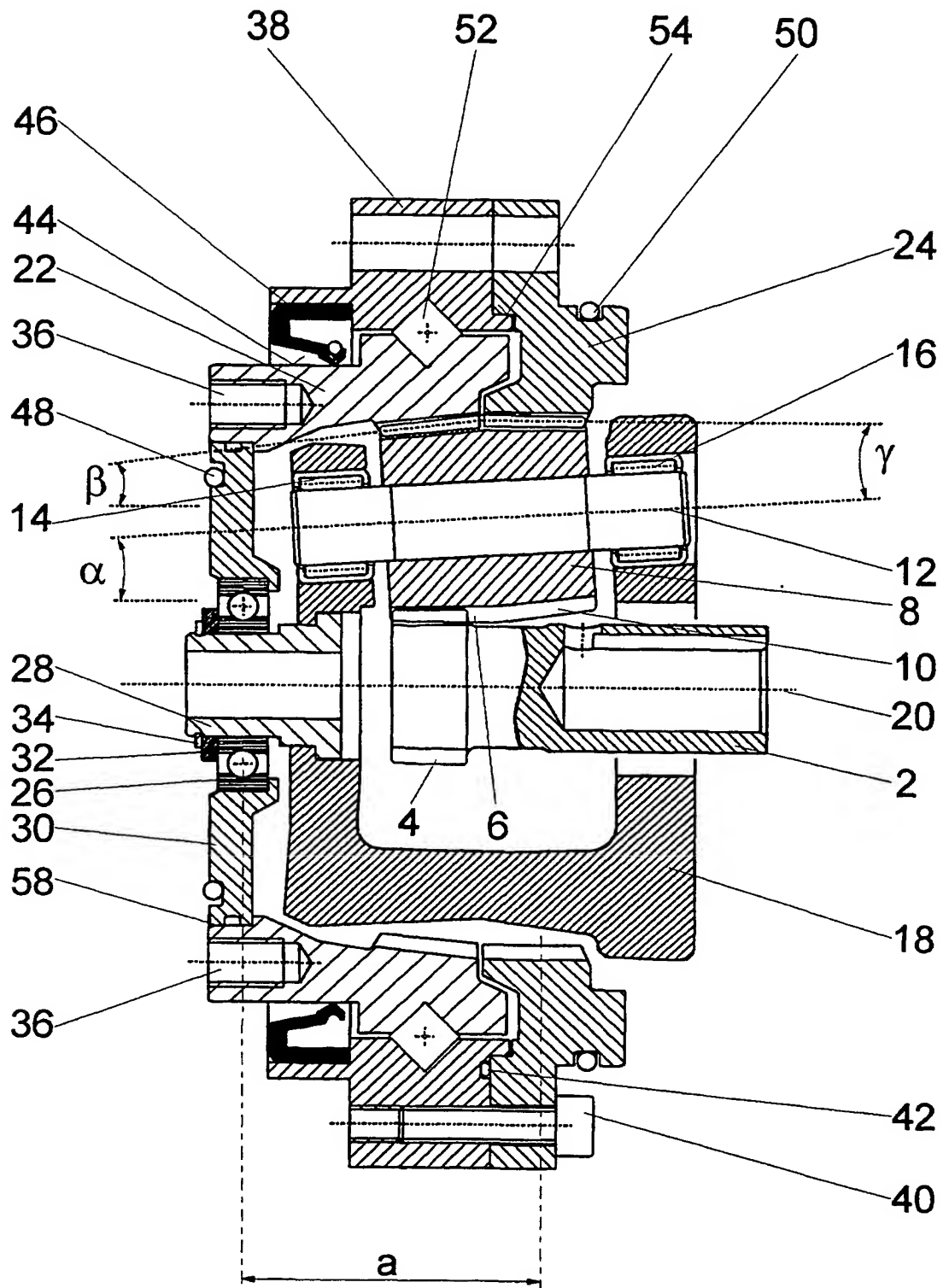


Fig. 1

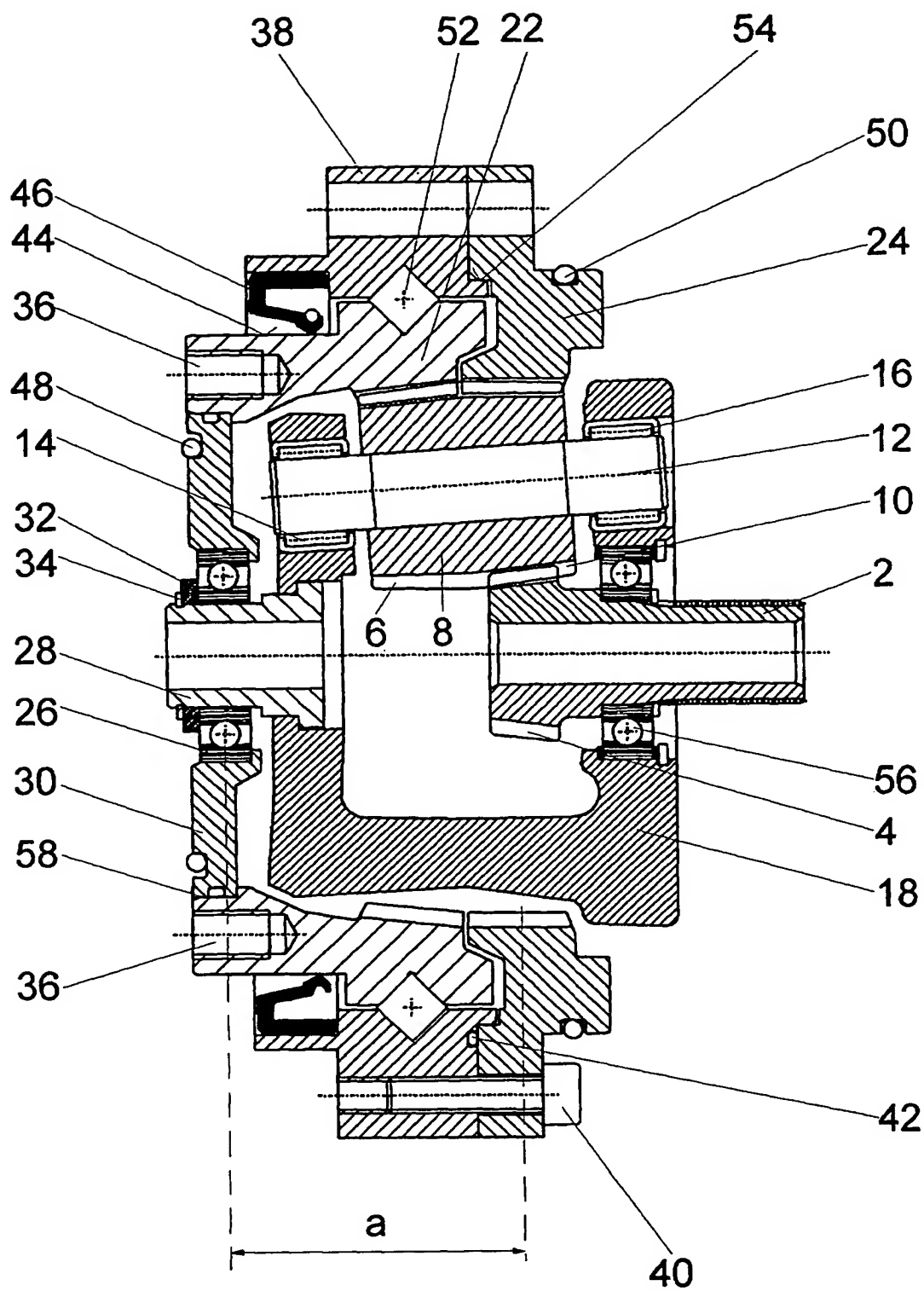


Fig. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)